Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. Dausch-Neumann

Über den Einfluß der Arbeitsstellung und -haltung sowie verschiedener anderer Faktoren auf die manuelle Geschicklichkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Johann Daniel Schindler
aus Neuötting/Inn

1974

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546528_0027

Druck- und Verlagsanstalt
Werner Blasaditsch · 89 Augsburg · Theodor-Heuß-Platz 3 · Telefon (0821) 25563
Printed in Germany

Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. Dausch - Neumann

Über den Einfluß der Arbeitsstellung und -haltung sowie verschiedener anderer Faktoren auf die manuelle Geschicklichkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Johann Daniel Schindler
aus Neuötting/Inn

1974

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. E. Körber
Berichterstatter: Professor Dr. E. Körber

GEWIDMET IN DANKBARKEIT MEINEN ELTERN,

SOWIE DIETER UND BRIGITTE.

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung S. 1

II. Literaturübersicht S. 2

III. Methodik S. 7

1. Anregung
2. Modellversuch S. 9
   a) Gerätebeschreibung
   b) Gleichungsansatz
      "manuelle Geschicklichkeit" S. 11
   c) Hilfsmittel S. 12
3. Vorversuche S. 14
   a) Kugeldurchmesser
   b) Versuchsdauer bzw. Geschwindigkeit
4. Versuchsbeschreibung S. 16
      Grundhaltungen und Übung
      direktes-indirektes Arbeiten
      Möglichkeiten der Abstützung
      Belastungsfaktoren
5. Versuchsergebnisse S. 2o
   a) Resultate
   b) graphische Darstellungen
   c) Ergebnis in Leitsätzen S. 23

IV. Diskussion S. 24

V. Zusammenfassung S. 26

Literaturverzeichnis S. 28

Lebenslauf S. 29

I. Einleitung

Die vorliegende Untersuchung befaßt sich mit folgenden Fragen:

1. Wie läßt sich die manuelle Geschicklichkeit, die Präzision des Arbeitens objektivieren ?
2. Wie ändert sich die manuelle Geschicklichkeit bei verschiedenen Grundhaltungen (sitzendes Arbeiten mit rechtwinklig angewinkeltem Arm, stehendes Arbeiten mit vorgestrecktem Arm oder stehende Überkopfarbeit) ?
3. In welchem Maße wirkt sich Übung präzisionssteigernd aus ?
4. Läßt sich durch Möglichkeiten einer Abstützung die Arbeitsgenauigkeit steigern ?
5. Wie wirken sich Vorbelastungen und Dauerbelastungen aus ?
6. Welcher Einfluß auf die manuelle Geschicklichkeit läßt sich feststellen, wenn Bewegungsführungen nur indirekt kontrolliert werden können ?

Diese letzte Frage betrifft ganz besonders das zahnärztliche indirekte Arbeiten mit dem Mundspiegel.

Die Ergonomie findet in den letzten Jahren gerade auch bei den Zahnärzten immer stärker werdende Beachtung. War es ursprünglich die Frage stehende oder sitzende Arbeitsweise, so verlagerte sich das Interesse inzwischen weiter auf die Ausrüstung des zahnärztlichen Arbeitsplatzes, die bestmögliche Behandlungsweise und Rationalisierungsfragen im Praxisablauf. Mit der Einführung von Patientenkomfortstuhl, Micromotor, Absauganlage etc. sind neue Arbeitshaltungen für den Zahnarzt möglich geworden; Arbeitshaltungen, die nicht nur ein schnelleres, dem quantitativ vermehrten Arbeitsanfall entsprechendes Arbeiten bringen, sondern auch die Arbeitsqualität verbessern sollen. Diese Arbeit soll Hinweise erbringen für Empfehlungen zu einer qualitativen Leistungssteigerung.

II. Literaturübersicht

Am Anfang dieser Literaturübersicht sollen einige Begriffsbestimmungen stehen, die der Ausschuß für arbeitsphysiologische Untersuchungen erarbeitet hat (Zahnärztl. Mitteilungen Nr. 1o/1968 S 492 - 497) :

Die Position

Unter der Position versteht man den Standort des Zahnarztes, bezogen auf den Patienten während der Behandlung. Die Position wird häufig nach dem Uhrzeigersystem angegeben, z.B. Neun-Uhr-Position, Zwölf-Uhr-Position.

Die Stellung

Bei der Stellung unterscheidet man, ob der Zahnarzt steht, sitzt oder in halbhoher Stellung hockt.

Die Haltung

Darunter wird im wesentlichen die Haltung der Arme und Beine zum Körper und die Drehung des Oberkörpers verstanden. Die Haltung kann gelöst, angespannt oder verkrampft sein.

L E H M A N N weist besonders darauf hin, " daß Stehen überhaupt nur möglich ist bei einer Versteifung des ganzen Körpers durch Muskelaktion. Das gleichmäßige ruhige Stehen bedeutet ein Zusammenwirken einer sehr großen Zahl von Muskeln. Dabei werden die Muskeln nicht nur auf einen bestimmten Spannungszustand fixiert, sondern sie pendeln um eine Gleichgewichtslage. Die im Vergleich zum Stehen höhere Stabilität der Sitzstellung gibt den Händen eine größere Bewegungssicherheit. Auch die unwillkürlichen Kopfbewegungen sind geringer, was bei angespannter visueller Beobachtung von Vorteil ist. Während im Stehen jede Betätigung der Arme und Hände entsprechende Versteifungen des ganzen Körpers notwendig macht, ist dies beim Sitzen nur in Bezug auf den Oberkörper, bei angelehntem Sitzen sogar nur in Bezug auf den Schultergür-

tel notwendig. Nachteile des Sitzens sind der geringere Bewegungsumfang der Hände, also die Einschränkung des Greifraumes, und die Verminderung der Kraftentfaltung in den Armen und Händen, weil das Körpergewicht in geringerem Maße als beim Stehen für die Leistung äusserer Arbeit eingesetzt werden kann. Ein weiterer Nachteil ist die geringe Körperbeweglichkeit. Die Möglichkeit eines wenigstens zeitweiligen Aufstützens der Ellenbogen oder Auflegens der Unterarme sollte [bei geringem Bewegungsumfang der Hände] auf jeden Fall gegeben sein, da das freie Halten der ausgestreckten Arme infolge statischer Beanspruchung der Arm- und Schultermuskulatur stark ermüdend ist."

L E H M A N N und S T I E R : " Für die Höhe, in der sich ein zu bearbeitender oder zu beobachtender Gegenstand befinden muß, damit der Mensch möglichst zwanglos arbeiten kann, sind verschiedene Gesichtspunkte maßgebend. Bei allen Tätigkeiten, bei denen das Auge wesentlich beteiligt ist, ergibt sich die räumliche Lage des betreffenden Gegenstandes vor allem aus einer normalen Blickneigung und der günstigsten Sehentfernung. Dies trifft insbesondere für alle Feinmontagen und Feinbearbeitungen zu. Versuche haben ergeben, daß der Blickwinkel gegen die Horizontale normalerweise im Stehen 30°, im Sitzen 38° beträgt, mit einer mittleren Abweichung von $\pm$ 7,5% bzw. $\pm$ 6,3%. Dieser Blickwinkel setzt sich etwa zu gleichen Teilen aus einer Neigung der Sehlinie der Augen gegenüber dem Kopf und einer Neigung des Kopfes gegenüber dem Rumpf zusammen. Die günstigste Sehentfernung hängt hauptsächlich vom Lebensalter und von der Feinheit der Arbeit ab. Bei Feinstarbeiten kann

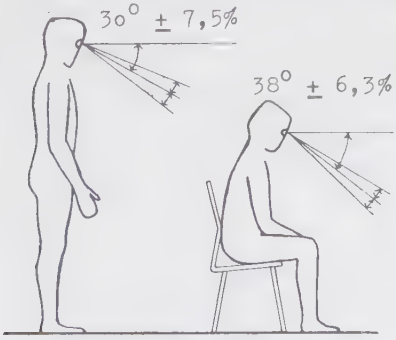


Abb.1 : Blickwinkel
(nach LEHMANN und STIER)

man je nach Alter mit 12 - 25 cm rechnen, während für etwas geringere Genauigkeitsansprüche 25 - 45 cm möglich sind, meist aber 3o - 32 cm gewählt werden.
Eine Beschränkung auf Fingerbewegungen führt leicht zu einer Verkrampfung der ganzen Körperhaltung. Der Körper braucht ein gewisses Maß an Bewegung. Man sollte auf gelegentliche umfangreichere Bewegungen nicht verzichten, auch wenn sie zunächst einen gewissen Zeitverlust bedeuten, denn sie erfüllen eine willkommene Ausgleichsfunktion, wirken spannungslösend und entmüdend und können, auf längere Sicht gesehen, die Leistung sogar erhöhen. Es darf nicht vergessen werden, daß jede Körperhaltung, auch eine scheinbar günstige und bequeme, immer eine gewisse Versteifung einzelner Teile des Körpers bedeutet. Ein geringer Wechsel der Haltung ist daher weniger vom Gesichtspunkt des dadurch bedingten Energieverbrauches oder Zeitverlustes zu betrachten, als von dem der Lockerung und Erholung der in Dauerspannung befindlichen Muskeln."
G R A N D J E A N sagt, " statische Muskelbeanspruchung führt zu schmerzhafter Ermüdung " und fordert für die Gestaltung der Arbeit " die Ausschaltung jeder Art von Haltearbeit. So vermeide man jede stark gebeugte oder unnatürliche Körperhaltung. Seitliche Bewegungen des Rumpfes oder Kopfes strengen mehr an als Bewegungen nach vorne. Eine leicht nach vorne geneigte Körperhaltung erfordert die kleinste Haltearbeit und ist deshalb am behaglichsten. Man vermeide das frontale oder seitliche Verharren der Arme in ausgestreckter Haltung. Derartige Stellungen führen nicht nur rasch zur Ermüdung, sondern setzen auch wesentlich die Präzision und die allgemeine Geschicklichkeit der Arm- und Handtätigkeiten herab. Die Höhe des Arbeitsfeldes soll die Einhaltung der optimalen Sehdistanz bei natürlicher Körperhaltung zulassen. Mit Ellbogen-, Unterarm- oder Handstützen kann die Haltearbeit [der Arme] ganz oder teilweise aufgehoben werden. Man kann feststellen, daß

die Anbahnung und der ungestörte Ablauf von Geschicklichkeitsoperationen in erster Linie vom Grad der Automatisation (Ausschaltung bewußter Wahrnehmungen und bewußter Steuerungen),von den Anforderungen an die Konzentration und von der Leichtigkeit der visuellen Kontrolle abhängen. Geschicklichkeitsoperationen sollen nicht mit Kraftleistungen verbunden sein, da stark belastete Muskeln wesentlich schwieriger zu steuern und zu koordinieren sind.

P E N T Z L I N : " Man muß sich davor hüten, überflüssig erscheinende, zeitfüllende Bewegungen immer für unnötig zu halten, sie sind in vielen Fällen vielmehr korrespondierende Bewegungen, die als ausbalancierende Gegen- oder Ausgleichsbewegungen für den Gesamtablauf nützlich oder nötig sind. Hand- und Armbewegungen sollen sich möglichst auf die kleinsten Glieder beschränken, die zur Erledigung einer bestimmten Arbeit überhaupt herangezogen werden können. Diese Beschränkung auf die Betätigung der kleinsten Muskeln erlaubt es,die Ermüdungsgrenze hinauszuschieben. "

GILBRETH (zit.bei SCHÖN-KIMMEL) hat als Grundlage der Klassifikation der Bewegungen eine Skala der Handbewegungen aufgestellt:

1. Finger allein
2. Finger und Handgelenk
3. " " u. Unterarm
4. " " " u. Oberarm
5. " " " " u. Schulter.

P E N T Z L I N : " Die letzte Klasse ist mit einem Drehen, Bücken und Neigen des ganzen Körpers verbunden. Es kommt im allgemeinen darauf an, die Tendenz zum kleinsten Muskel im Auge zu behalten, soweit der zu überwindende Arbeitswiderstand es erlaubt. Abder diese Regel gilt nur mit einer gewissen Einschränkung. Es ist falsch anzunehmen, daß Fingerbewegungen immer weniger ermüdend sein müssen als leichte Unterarmbewegungen und lockere Bewegungen der Handgelenke. Zwar wird stets durch solch

ein Ausschalten jeder unnötigen Bewegung eine Energieeinsparung möglich sein, aber zu stark verkürzte und dann meist verkrampfte Bewegungsabläufe können die Arbeit erschweren. Statische Muskelarbeit, d.h. Haltearbeit, Arbeit unter Last oder in ungünstiger verkrampfter Stellung, sollte wegen der mit ihr verbundenen schlechten Durchblutung der Muskulatur entweder ganz beseitigt oder soweit wie möglich vermieden werden. Die günstigste Schulter-, Arm-, Ellbogen- und Handhaltung ist gegeben, wenn der Oberarm fast senkrecht hängt und der Unterarm aus dem Ellbogengelenk leicht nach vorn und nach oben zeigt. "

S C H M I D T K E stellte Untersuchungen an über die Abhängigkeit der Bewegungsgenauigkeit im Raum von der Körperstellung. Die Aufgabe der Versuchsperson war es, mit einer Metallspitze in den Mittelpunkt eines aus konzentrischen Ringen bestehenden Zielfeldes zu zielen. Dabei kam er zu folgenden Ergebnissen:

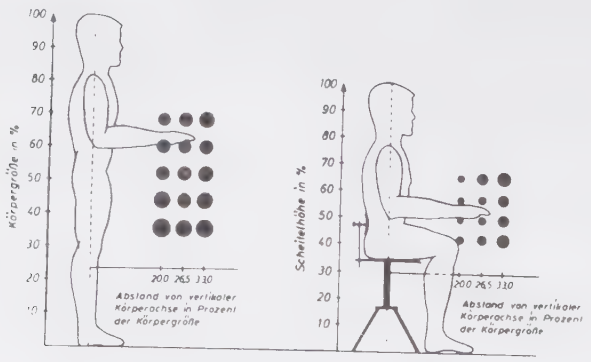


Abb.2 : Die Abhängigkeit der Bewegungsgenauigkeit von Tischhöhe und Arbeitsabstand

Der Durchmesser der schwarzen Kreise stellt ein relatives Maß für die mittlere Abweichung der Bewegung vom Zielpunkt dar (nach SCHMIDTKE) .

" a) Es liegt ein deutlicher Einfluß der [Zielfeldhöhe] auf die Genauigkeit von Zielbewegungen vor, der bei stehender Stellung der Versuchsperson ausgeprägter ist als im Sitzen. Die Zielgenauigkeit bei Bewegungen ist in Augenhöhe am größten und nimmt mit abnehmender [Zielfeldhöhe] allmählich, mit zunehmender hingegen sehr schnell ab.

b) Die Zielgenauigkeit ist beim geringsten Abstand am größten und nimmt mit größer werdendem Abstand annähernd linear ab.

c) Unter gleichen relativen Raumverhältnissen zwischen Körper und Zielpunkt ist die Bewegungsgenauigkeit im Sitzen der im Stehen erheblich überlegen. "

K O E L L A und B A R A N D U N gingen in ihrer Untersuchung unter anderem von der Fragestellung aus, " wie wirkt sich eine bestimmte Körperlage und- haltung... auf die Sicherheit einer unter [Kontrolle] der Augen ausgeführten Bewegung aus ? Die Aufgabe bestand darin, unter optischer Kontrolle mit der geschickteren Hand einen Metallstab durch einen metallisch begrenzten Schlitz von 25 cm Länge und variabler Breite Richtung Kopf-Fuß so hindurch zu führen, daß die Ränder nicht berührt wurden. Jedes Streifen des Randes wurde mit einem Kontakt beantwortet, der in einem elektrischen Zählwerk totalisiert wurde. In [dieser] Versuchsserie kann nachgewiesen werden, daß auch die unter optischer Kontrolle ausgeführte Bewegung hinsichtlich ihrer Präzision eine Einbuße erleidet, wenn bei aufrechter Stellung an dem über dem Kopfe befestigten Werkstück gearbeitet werden muß, gegenüber jenen Verhältnissen mit Blick- und Armrichtung geradeaus nach vorne."

III. Methodik

1. Anregung

An unserer Klinik gab es den 1971 von E.Körber entwikkelten Kleeblattversuch, bei dem zwei parallel zu einander verlaufende Metallleisten in eine Holzplatte eingelassen sind. Die Aufgabe für die Vpn. bestand darin, mit einem Metallstift den Weg von Start zu Ziel zwischen den beiden Metalleisten abzufahren; gemessen wurde dabei lediglich die Anzahl der als Fehler gewerteten Berührungen der Leisten. Die Fehlerquote galt dann als Kriterium für die Genauigkeit des Arbeitens bei verschiedenen Arbeitshaltungen. Leider konnte man bei diesem Versuchsaufbau keine genügend exakten Vergleiche von Vpn.zu Vpn. anstellen. Die relativ deutliche Erhebung der Metalleisten über das Plättchenniveau brachte die Möglichkeit mit sich, bewußt bzw. unbewußt, bei Berührung der Metalleiste eine größere Strecke des Weges abzufahren, wobei der Fehler nur einfach zählte. Auch war die Versuchsdauer nicht genau definiert. Durch diesen Versuch angeregt, suchte ich nach Möglichkeiten, die Nachteile des obigen Aufbaues auszuschalten. Als erstes war es nötig, die manuelle Geschicklichkeit oder Präzizion des Arbeitens exakt und möglichst einfach zu bestimmen, dann sollte es fast nicht möglich sein, die Fehlerquote durch Täuschung zu beeinflussen.

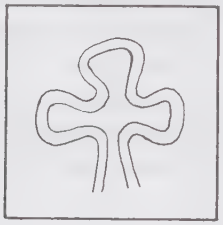


Abb.3 : Kleeblattversuch

2. Modellversuch

a) Gerätebeschreibung

Um die manuelle Geschicklichkeit zu objektivieren, wurde der beschriebene Modellversuch von mir weiterentwikkelt: Nimmt man als Versuchsfigur eine einzelne Metallleiste und stellt die Aufgabe, diese Leiste mit einem Metallstift abzufahren, dann läßt sich relativ einfach die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) feststellen. Als Kriterium dafür gilt das Verhältnis Berührzeit zwischen Metallstift und Metalleiste zu Gesamtdauer je Einzelversuch von Anfangsposition bis Zielpunkt.
Die Arbeitsseite besteht nun aus

1. plangeschliffener Grundplatte aus Kunststoff mit niveaugleich eingelassener Metalleiste (Bäumchenfigur, Abb.5) ,
2. Metallstift mit Kugelspitze (Abb.7) .

Die Aufgabe der Versuchsperson besteht darin, die Figur mit dem Metallstift abzufahren.
Da es nicht gelang, geeignete Uhren zu finden, die mit genügender Genauigkeit Berührzeit und Abweichzeit registrieren, führte ich den Versuch dahingehend weiter, mit einem zentralen Impulsgeber und zwei Impulszählwerken zu arbeiten. Die genaue Funktionsweise läßt sich dann am besten mit dem Sinnschema (Abb.4) verstehen:
Von einem zentralen Impulsgeber werden 100 Impulse pro Sekunde ausgesandt.
Die α - Seite zählt die Gesamtimpulse während der Versuchsdauer. Es treffen zwei Informationen ein:

1. Information "ein" beim ersten Kontaktschluß zwischen Meßspitze und Bäumchenfigur, damit Beginn der Zählung
2. Information "aus" bei Kontaktschluß der Meßspitze mit Position "Ziel"-punkt, damit Ende der Impulszählung im Zählwerk α .

> Gesamtzeit t_α

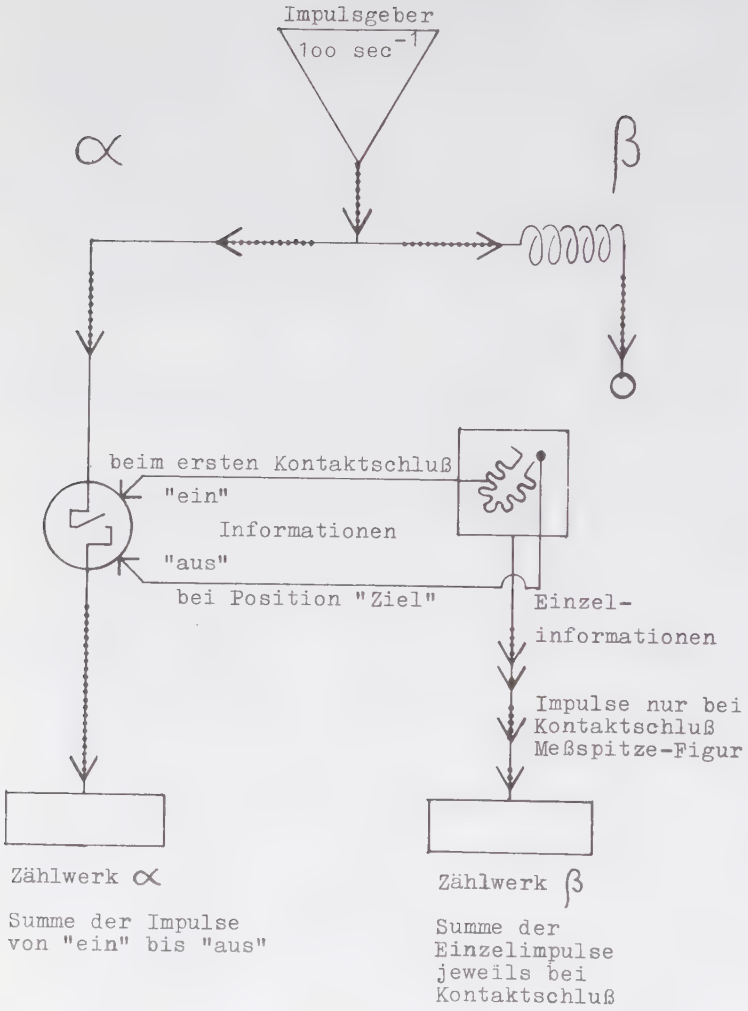


Abb.4 : Sinnschema über die Funktionsweise

Die β - Seite besteht aus der Meßspitze, der Grundplatte mit Bäumchenfigur und "Ziel"-punkt, sowie Zählwerk β. Zählwerk β zählt nur bei Kontaktschluß zwischen Meßspitze und Bäumchenfigur. Es kommen also Einzelinformationen an, bestehend aus einer jeweils unterschiedlichen Serie von Impulsen; jedes Abweichen der Meßspitze von der Bäumchenfigur und damit jede Ungenauigkeit der Vpn. führt zur Unterbrechung des Impulsflusses und Zählungsstop.

> Berührzeit t_β

b) Gleichungsansatz "manuelle Geschicklichkeit"

Hält man den Abstand Bäumchenfigur - Zielpunkt verschwindend gering, dann läßt sich die manuelle Geschicklichkeit bzw. die Präzision aus dem Verhältnis Berührzeit t_β zu Gesamtzeit t_α errechnen.

Gesamtzeit t_α $\triangleq$ 100% Präzision
Berührzeit t_β $\triangleq$ X % Präzision

$$\frac{100\% \times \text{Berührzeit } t_\beta}{\text{Gesamtzeit } t_\alpha} = X\ \%\ \text{Präzision}$$

Die entscheidende Mithilfe bei Entwicklung und Bau des Gerätes zur Impulszählung verdanke ich den Herren F. Seidler und H. Dommasch, die halfen meine Idee in die Tat umzusetzen und denen ich an dieser Stelle besonders danken möchte.

---

c) Hilfsmittel

Im Folgenden werden Hilfsmittel für die Einzelversuche näher erläutert:

1) Bäumchenfigur,

besteht aus einem Metallband der Dicke o,5mm, das in Form eines Bäumchens gebogen und niveaugleich in einem dunkelgrünen Kunststoffblock eingelassen ist. Die Oberfläche des Blocks ist plangeschliffen.

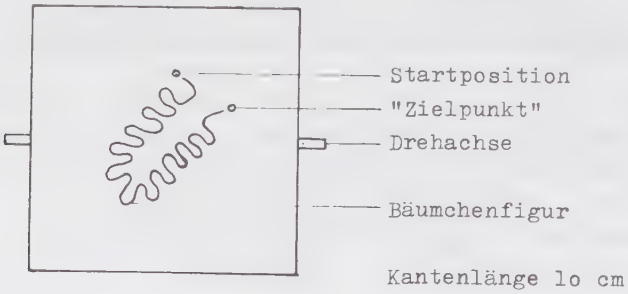


Abb.5 : Bäumchenfigur

2) Stativ für Bäumchenfigur,

dient der Halterung. Die Kunststoffplatte läßt sich in verschiedenen Winkelstellungen fixieren. Die Möglichkeit der Fingerabstützung ist gegeben. Für einen der Versuche ist ein Kontrollämpchen angebracht.

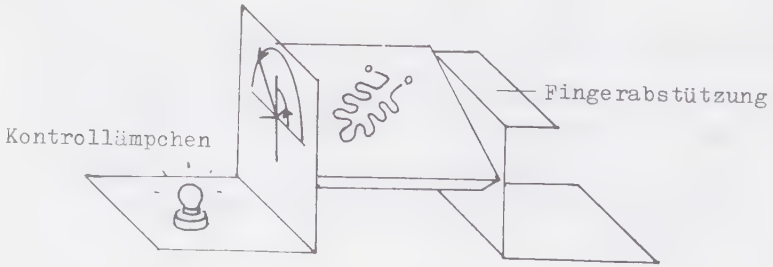


Abb.6 : Stativ für Bäumchenfigur

3) Haltegriff Nr. 1,
er dient dazu, die Bäumchenfigur abzufahren und besteht aus einem Schaft mit montiertem zahnärztlichen Kugelpolierer.

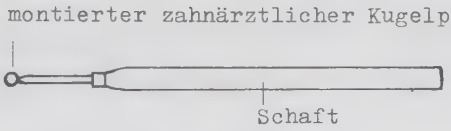


Abb.7 : Haltegriff Nr. 1

4) Haltegriff Nr. 2,
in den ein Klingelknopf mit verstärkter Feder eingebaut ist; damit ist eine definierte Minimalbelastung über die Versuchsdauer erreichbar und über das Kontrollämpchen im Stativ feststellbar.

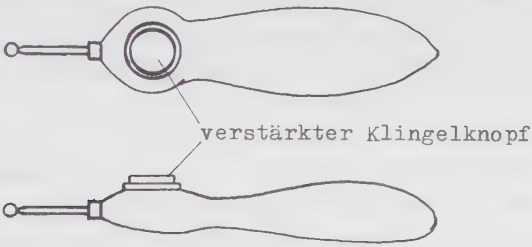


Abb.8 : Haltegriff Nr. 2

5) Druckkapsel mit Manometer,
dient dazu, vor Versuchsdurchführung eine bestimmte Vorbelastung zu erreichen.

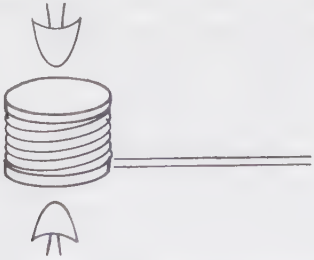


Abb.9 : Druckkapsel mit Manometeranschluß

3. Vorversuche

a) Kugeldurchmesser

Zunächst wurde geprüft, welche Größe die Meßspitze haben darf, um annehmbare und von Vpn. zu Vpn. vergleichbare Resultate zu erzielen. Als Meßspitzen dienten montierte zahnärztliche Kugelpolierer der Größen 1, 5 und 10. Bei diesen Vorversuchen ergab sich, daß die Ergebnisse bei größerem Kugeldurchmesser von Vpn. zu Vpn. in einem größeren Bereich differierten. Die Ergebnisse mancher Vpn. waren mit großer Kugel besser als mit kleiner, was aus der etwas größeren Auflagefläche erklärlich scheint, bei anderen Versuchspersonen wiederum schlechter mit großer als mit kleiner Kugel; den Grund hierfür sehe ich darin, daß bei großer Kugel die Metalleiste vollständig verdeckt ist und gerade in Kurvenabschnitten läßt sich dadurch der weitere Verlauf nicht exakt optisch bestimmen. Die Vpn. ist also mehr oder weniger auf ihre individuelle Fähigkeit richtig zu vermuten angewiesen. Das gelingt offenbar unterschiedlich gut. Aus diesem Grund wurde für die weiteren Versuche einheitlich die (kleinste) Kugelgröße Nr. 1 gewählt.

b) Versuchsdauer bzw. Geschwindigkeit

Die Möglichkeit das Ergebnis zu verfälschen war dann besonders groß, wenn man die Versuchspersonen nach eigenem Gutdünken die Geschwindigkeit bestimmen ließ. So konnte die Vpn. das beste Ergebnis erzielen, die während der Gesamtdauer des Versuchs an einem Punkt der Metalleiste verblieb und dann ruckartig auf die Zielposition überging: Erfolg fast 100%.
Der Einfluß der unterschiedlichen Dauer des Versuchs führte ebenfalls zu sehr differenten Ergebnissen. Nahezu nur ruckweises und extrem langsames Vorgehen brachte natürlich bessere Resultate als zügiges. Aus diesem Grund wurde die

25 cm lange Metalleiste jeweils in Abständen von 1 cm gebogen, so entstand die Bäumchenfigur. Die ungefähre Einheitlichkeit der Gesamtdauer resultierte dann aus der Forderung, bei jedem Taktschlag eines Metronoms bei zügigem nicht ruckartigem Vorgehen bei der nächsten Biegung der Figur zu sein.
Der günstigsten Gesamtdauer galt folgender Versuch: das Metronom wurde eingestellt auf 4o, 6o, 8o und 12o Taktschläge pro Minute; die Ergebnisse wurden verglichen. 12o und 8o ergaben durchwegs recht unterschiedliche Werte je Vpn.. 4o ergab eine hohe Genauigkeit, schien aber beim Vergleich der einzelnen Arbeitshaltungen zueinander zu ähnliche Ergebnisse zu bringen. So wurden 6o Takte pro Minute gewählt, entsprechend einer Geschwindigkeit von etwa 1 cm pro Sekunde.

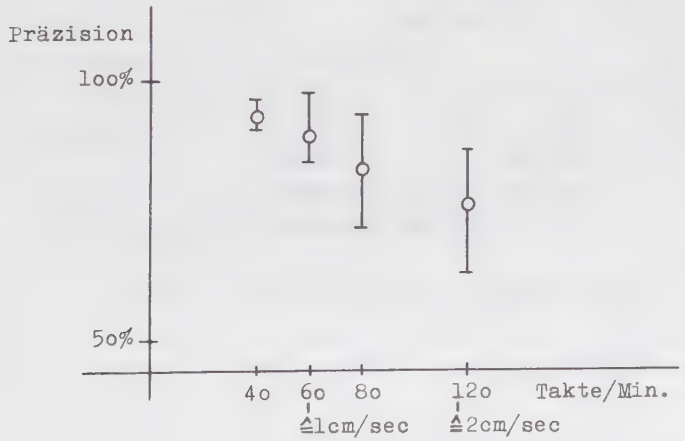


Abb.1o : Mittelwert und Schwankungsbreite der Präzision in Abhängigkeit von verschiedenen Durchführungsgeschwindigkeiten (Vorversuche) .

4. Versuchsbeschreibung

Im weiteren werden die verschiedenen Arbeitshaltungen der einzelnen Versuche beschrieben. Diese Hauptversuche gliedern sich wie folgt:

I - III	Vergleich der Grundhaltungen
+ X	+ Übung
IV + V	Vergleich direktes-indirektes Arbeiten
IV + VI-IX	Verschiedene Möglichkeiten der Abstützung
X - XV	Einfluß verschiedener Belastungsfaktoren

Der besseren Übersicht dient die schematische Darstellung; dabei bedeuten:

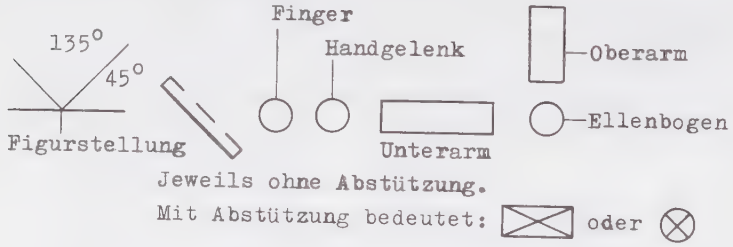


Abb.11: Schemat. Darstellung der Symbole

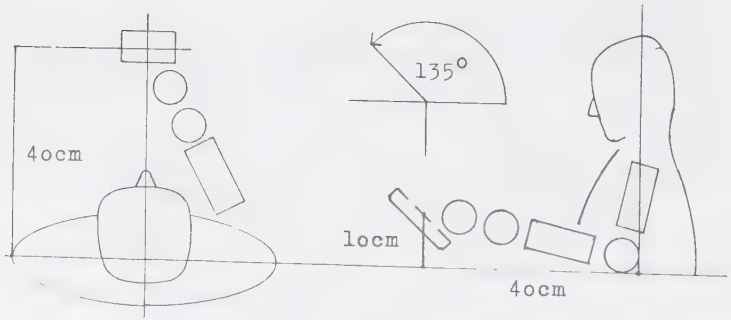


Abb.12: Grundhaltung I

I - III Vergleich der Grundhaltungen (ohne Abstützung)

I

Oberarm - Unterarm ∢ ~ 90°
Grundplatte: Anstell ∢ 135° zur Horizontalen
Abstand von der Körpermitte 40 cm
Höhe v.d.Ellbogenhorizontale 10 cm
Vpn. sitzend, ohne Abstützung (siehe Abb.12).

II

Oberarm - Unterarm ∢ ~ 180°, gestreckt in Vorhalte
Grundplatte: Anstell ∢ 90°
Abstand v.d.Körpermitte ~ Armlänge
Höhe: Augenhöhe
Vpn. stehend, ohne Abstützung

III

Oberarm - Unterarm ∢ ~ 180°, gestreckt über Kopf
Grundplatte: Anstell ∢ 0°
Abstand ~ Armlänge über Kopf
Vpn. stehend, ohne Abstützung

IV + V Vergleich direktes-indirektes Arbeiten

IV Direktes Arbeiten

Grundposition wie I
Grundplatte: Anstell ∢ 135°
Unterarm abgestützt

V Indirektes Arbeiten

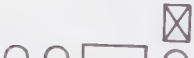
Grundplatte: Anstell ∢ 45°
Indirekte Sicht über Spiegel
Unterarm abgestützt

Unter der Grundplatte befindet sich ein waagerecht angebrachter Spiegel (lo x 12cm) . Die Arbeit ist nur indirekt über Spiegelsicht durchführbar.

VI - IX Verschiedene Möglichkeiten der Abstützung

jeweils: Grundposition wie I
Grundplatte: ∢ 135°

VI

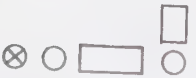


Oberarm abgestützt
(angelegt an Oberkörper)

VII

Handgelenk abgestützt

VIII



Fingerabstützung

IX

Finger-und Unterarmabstützung

X - XV Der Einfluß verschiedener Belastungsfaktoren

jeweils: Grundposition wie I
Grundplatte: Anstell ∢ 135°
ohne Abstützung

X Kontrollversuch über Gewöhnung (Übung)

XI " Klingelknopf "

Über die Gesamtdauer des Versuchs wird mit dem Zeigefinger der rechten Hand auf einen Druckknopf im Haltegriff Nr. 2 Druck ausgeübt. Der im Haltegriff eingebaute verstärkte Klingelknopf läßt ab genügend starkem Mindestdruck das Kontrollämpchen im Stativ aufleuchten.

XII " Druckkapsel "

Unmittelbar vor Versuchsbeginn drückt die Vpn. mit Daumen einerseits, Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand andererseits 1 Minute lang auf die Druckkapsel und übt dabei einen Druck von etwa o,64 kp/cm^2 aus (=3 Skalenteile) . Danach erfolgt sofortige Versuchsdurchführung.

XIII " Tremor "

Über die Gesamtdauer des Versuchs hat die Vpn. auf den Schaft des Haltegriffes Nr.1 möglichst großen, nicht näher definierten Druck auszuüben. Es ist der Versuch, künstlich einen Krampf der Hand (Finger) zu simulieren.

XIV

" 1 kg - Gewicht "
Vor Versuchsbeginn hält die Vpn. 2 Min. lang den rechten Arm in Vorhalte, wobei an die Fingerwurzeln von Zeige- und Mittelfinger ein 1 kg-Gewicht gehängt ist. Frage: Zeigt sich ein gewisser Ermüdungseinfluß ?

XV

" Liegestützversuch "
Vor Versuchsbeginn hat die Vpn. lo Liegestütz auszuführen.

Bei den Tests V, XIII und XV je lo Durchgänge, bei den anderen je 5 .

5. Versuchsergebnisse

a) Resultate:
Tabelle 1: Durchschnittswerte pro Versuchsperson und daraus resultierende Durchschnitte.
Tabelle 2: Durchschnittswerte unter besonderer Berücksichtigung von Belastungsfaktoren.

b) Graphische Darstellungen:
b/1 : Die manuelle Geschicklichkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (bei Vpn. 1, Vpn. 2, ...)
b/2 : Die durchschnittliche manuelle Geschicklichkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen unter besonderer Berücksichtigung von Belastungsfaktoren (Durchschnitt von Vpn. 1 bis Vpn. lo).

Test \ Vpn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	ø
I	67,o	79,3	83,4	77,3	8o,1	76,1	77,3	86,8	79,4	72,5	77,9
II	6o,3	66,1	72,6	5o,5	58,1	53,1	7o,8	79,4	68,3	67,6	64,7
III	54,o	61,9	63,3	43,4	46,1	47,5	57,2	71,o	61,7	63,2	56,9
X	79,9	79,6	85,5	79,7	76,9	79,4	82,5	9o,9	84,5	81,7	82,1
IV	73,8	82,6	84,6	82,o	8o,7	81,o	82,2	83,5	84,1	83,3	81,8
V	56,9	62,4	47,6	7o,3	55,6	59,2	54,4	49,8	56,6	54,4	56,7
VI	74,2	81,9	92,8	83,7	8o,o	76,9	85,9	84,o	84,3	82,8	82,6
IV	73,8	82,6	84,6	82,o	8o,7	81,o	82,2	83,5	84,1	83,3	81,8
VII	83,1	84,9	86,1	88,9	84,6	79,1	86,7	92,6	81,2	86,8	85,4
VIII	76,6	76,8	76,8	82,8	87,7	73,8	79,4	85,9	82,3	8o,5	8o,3
IX	77,o	8o,9	8o,6	91,8	86,2	78,7	84,9	9o,4	81,o	87,9	83,9
X	79,9	79,6	85,5	79,7	76,9	79,4	82,5	9o,9	84,5	81,7	82,1
XI	72,5	78,8	82,8	8o,o	72,3	76,1	8o,3	79,3	75,1	69,o	76,6
XII	76,5	82,4	81,9	79,o	8o,9	76,o	79,9	83,7	88,o	81,3	81,o
XIII	79,o	71,3	86,5	78,4	71,9	79,2	85,3	85,o	78,o	8o,1	79,5
XIV	81,8	84,3	84,5	7o,5	72,9	75,2	83,2	87,9	76,8	77,6	79,5
XV	77,5	82,2	85,8	7o,4	72,4	82,9	84,4	84,3	82,9	79,5	8o,2

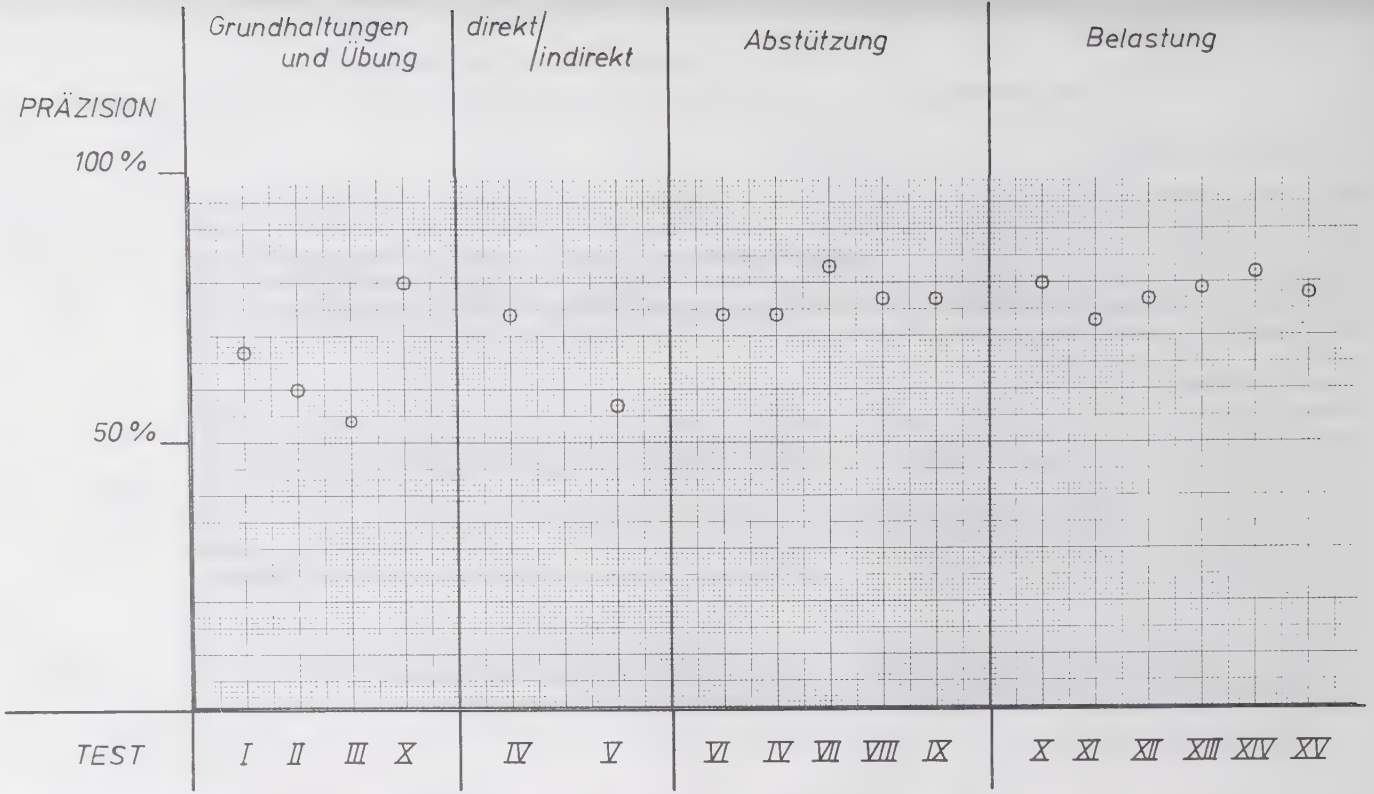
Tabelle 1 : Durchschnittswerte pro Versuchsperson
und daraus resultierende Durchschnitte in %

Test+ Vers. / Vpn.	X Ø	XI 5.Vers	XII 1.Vers	XIII 1o.Vers	XIV 1.Vers	XV 1.Vers
1	79,9	73,9	78,7	79,1	81,o	66,9
2	79,6	83,2	81,3	65,3	81,9	68,4
3	85,5	88,6	79,3	89,3	73,9	78,o
4	79,7	79,7	81,4	68,6	65,8	54,2
5	76,9	66,1	79,2	61,5	74,4	62,8
6	79,4	79,7	77,2	75,5	68,6	75,7
7	82,5	79,2	71,3	89,8	78,9	78,8
8	9o,9	71,8	87,9	89,9	84,4	76,5
9	84,5	75,5	83,5	76,2	76,4	74,o
1o	81,7	71,4	74,3	81,7	58,2	77,4
M_E		76,9	79,4	77,7	74,4	71,3
$M_Ø$	82,1	76,6	81,o	79,5	79,5	8o,2

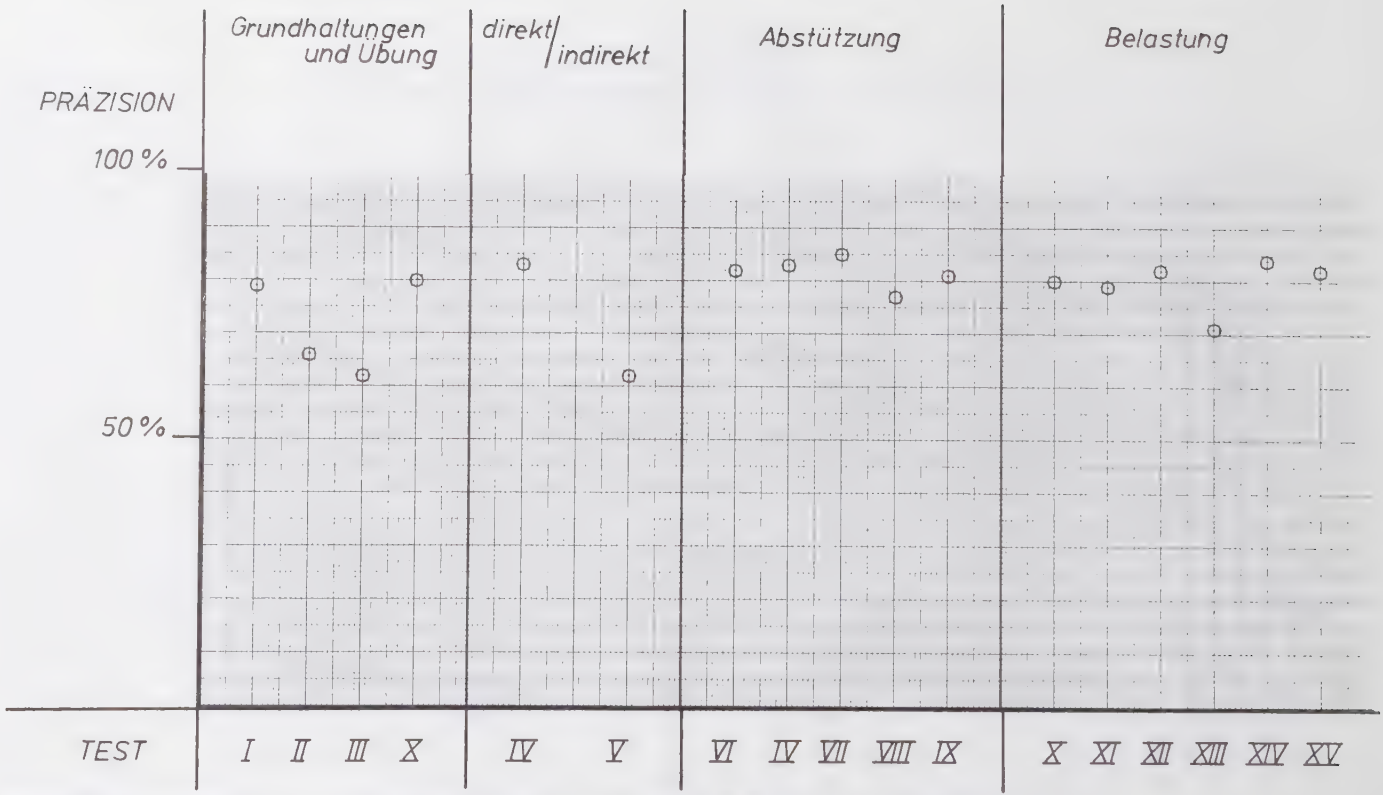
M_E ergibt sich aus den Werten , die unmittelbar nach Extrembelastung ermittelt wurden bzw. dann, wenn sich die Dauerbelastung am längsten ausgewirkt hatte.

$M_Ø$ ist der Durchschnitt, resultierend aus den Mittelwerten der Versuchspersonen.

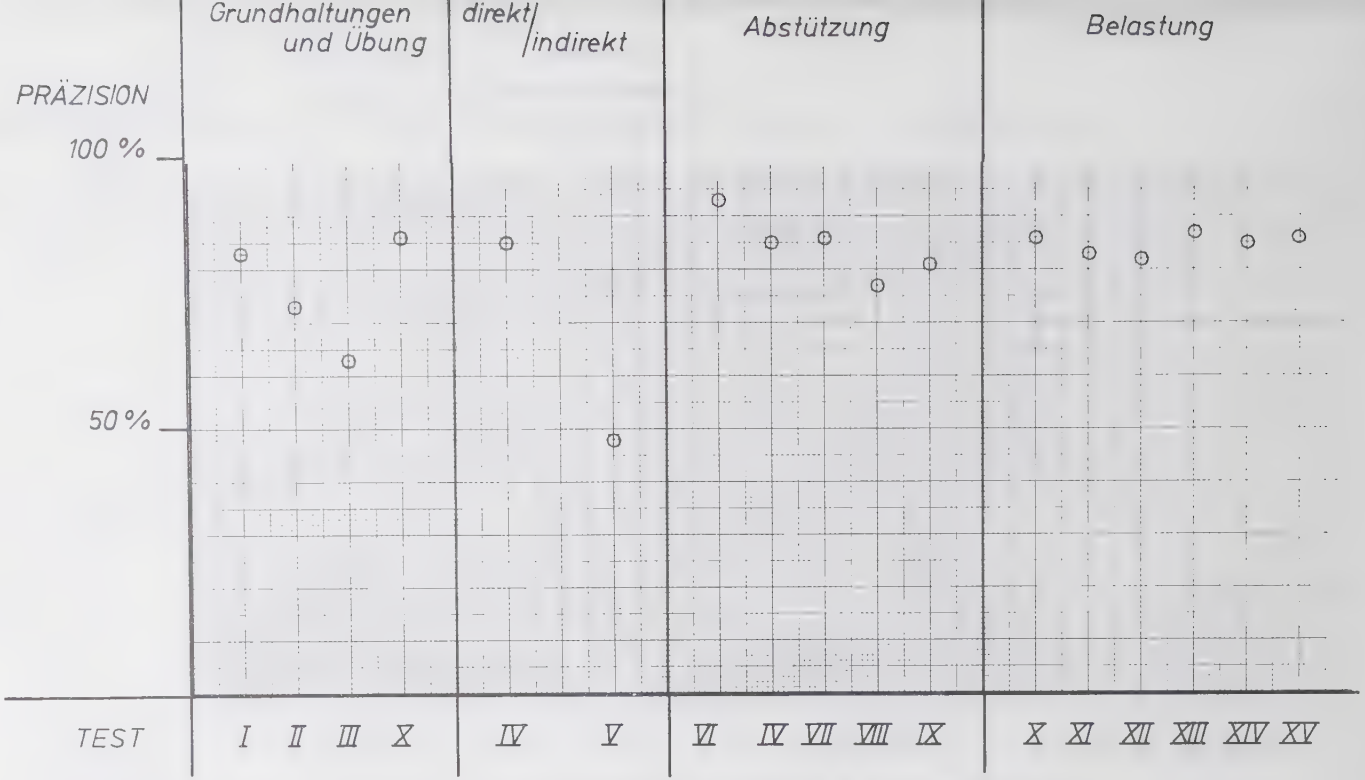
Tabelle 2 : Durchschnittswerte unter besonderer Berücksichtigung von Belastungsfaktoren.



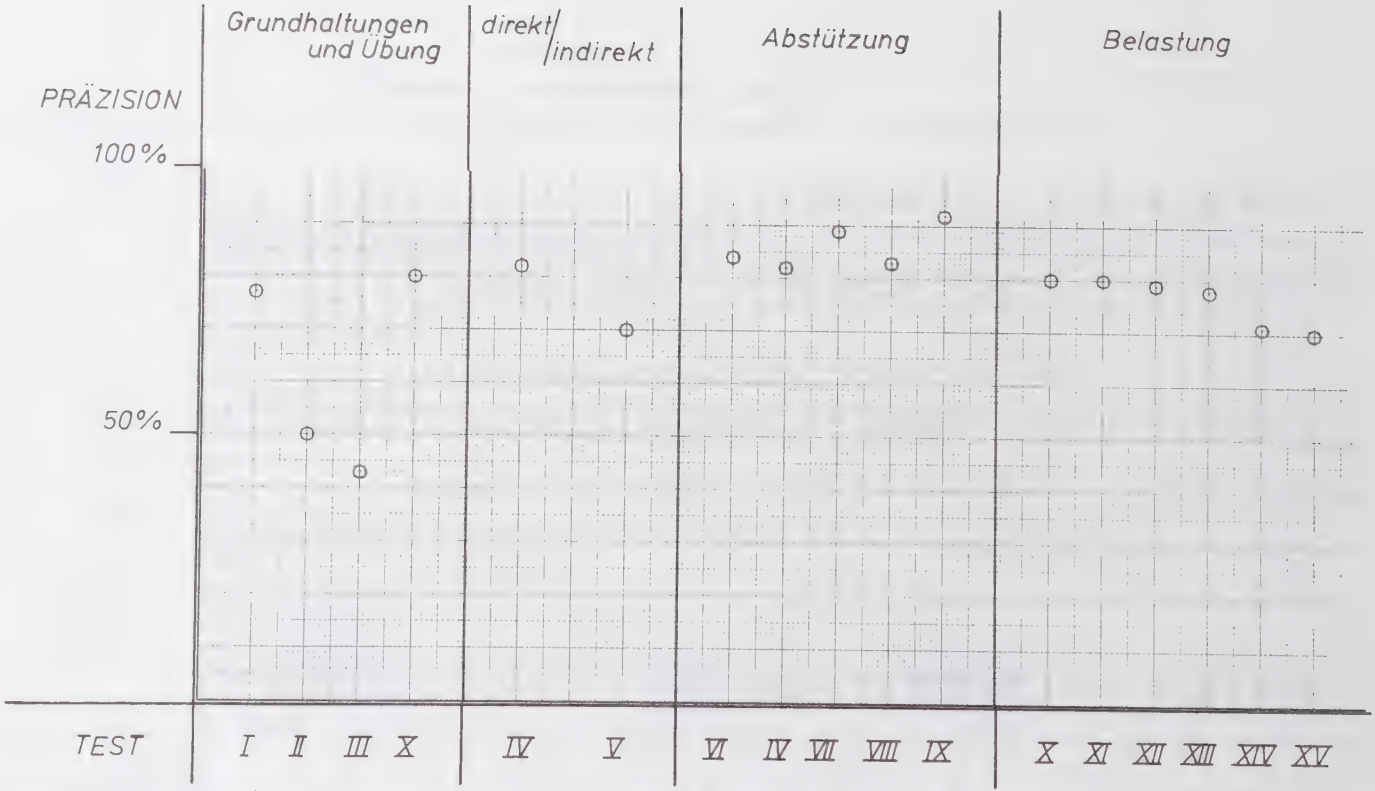
Graph. Darstellung b/1.1 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 1)



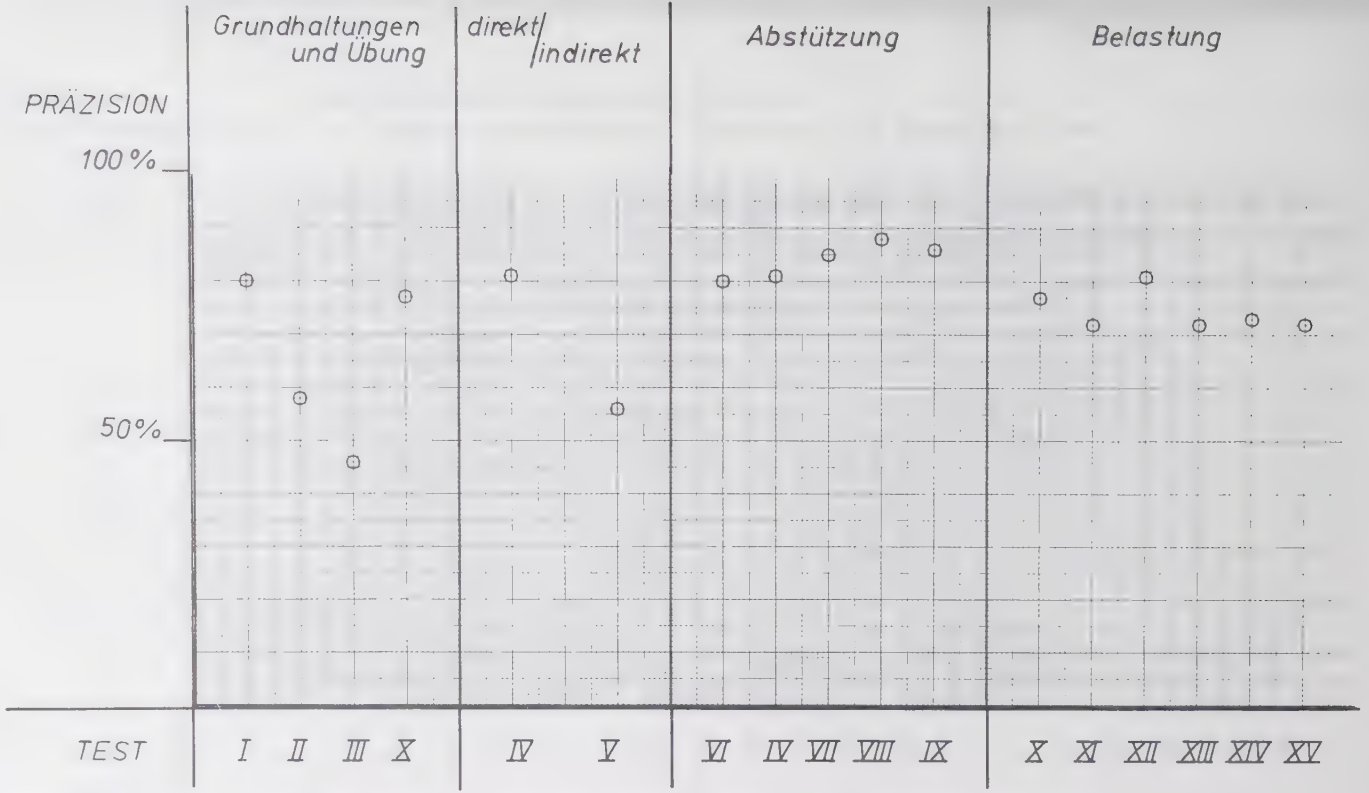
Graph. Darstellung b/1.2 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 2)



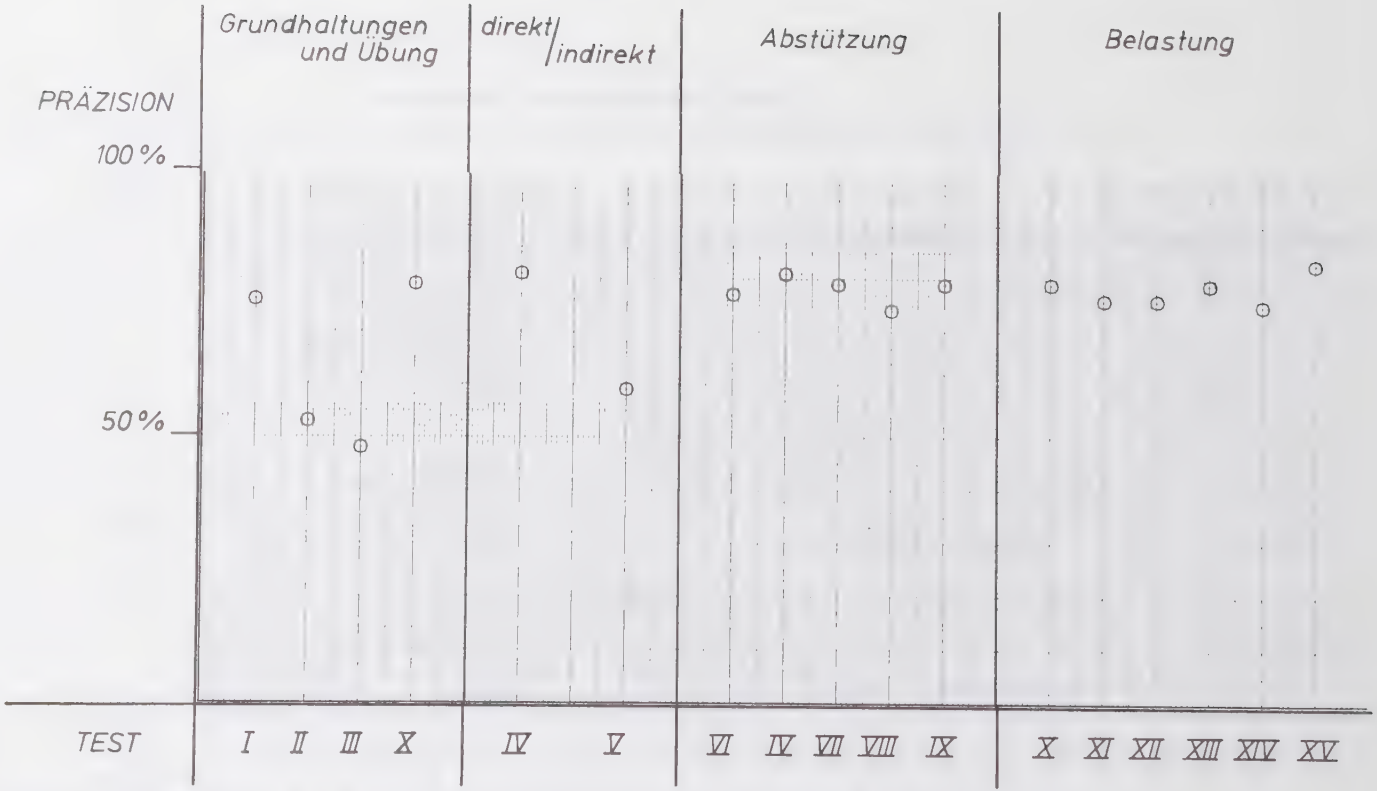
Graph. Darstellung b/1.3 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 3)



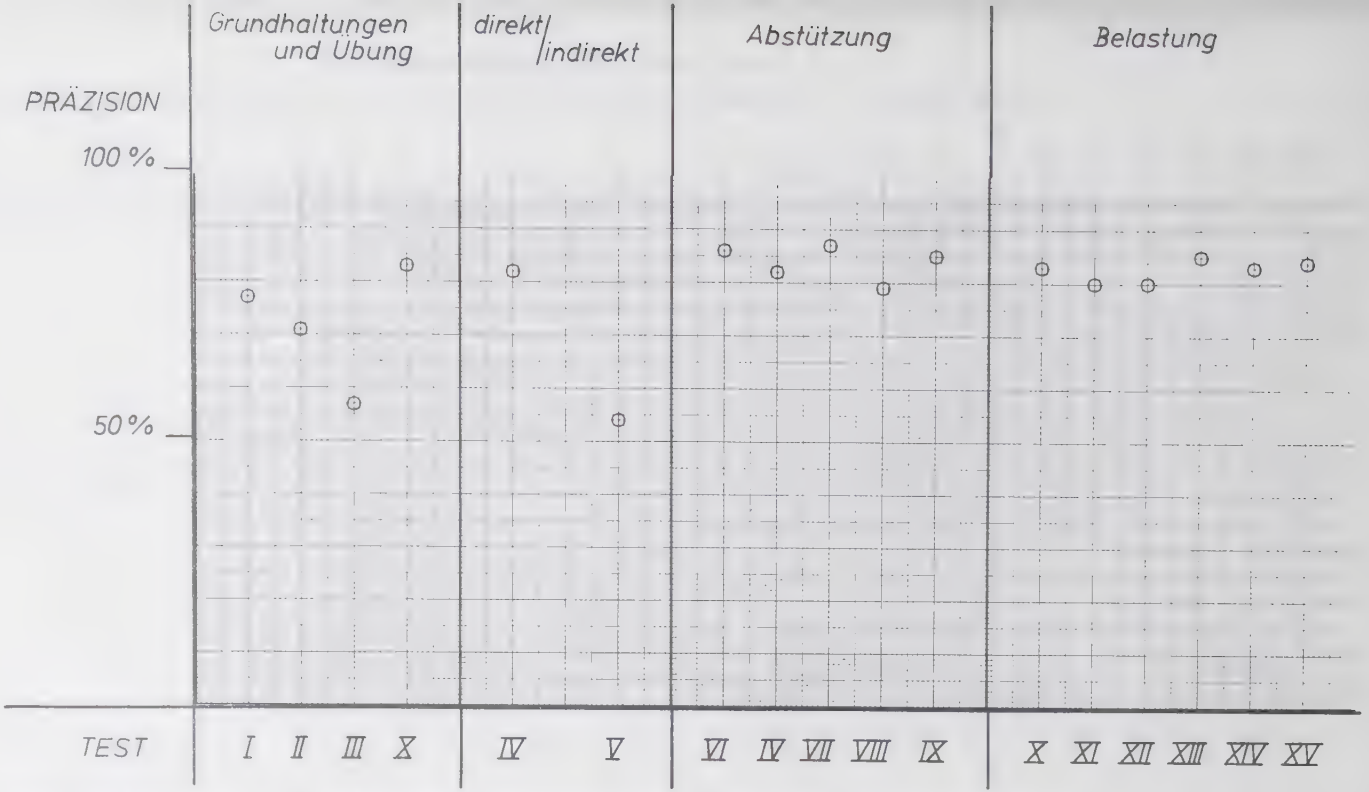
Graph. Darstellung b/1.4 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 4)



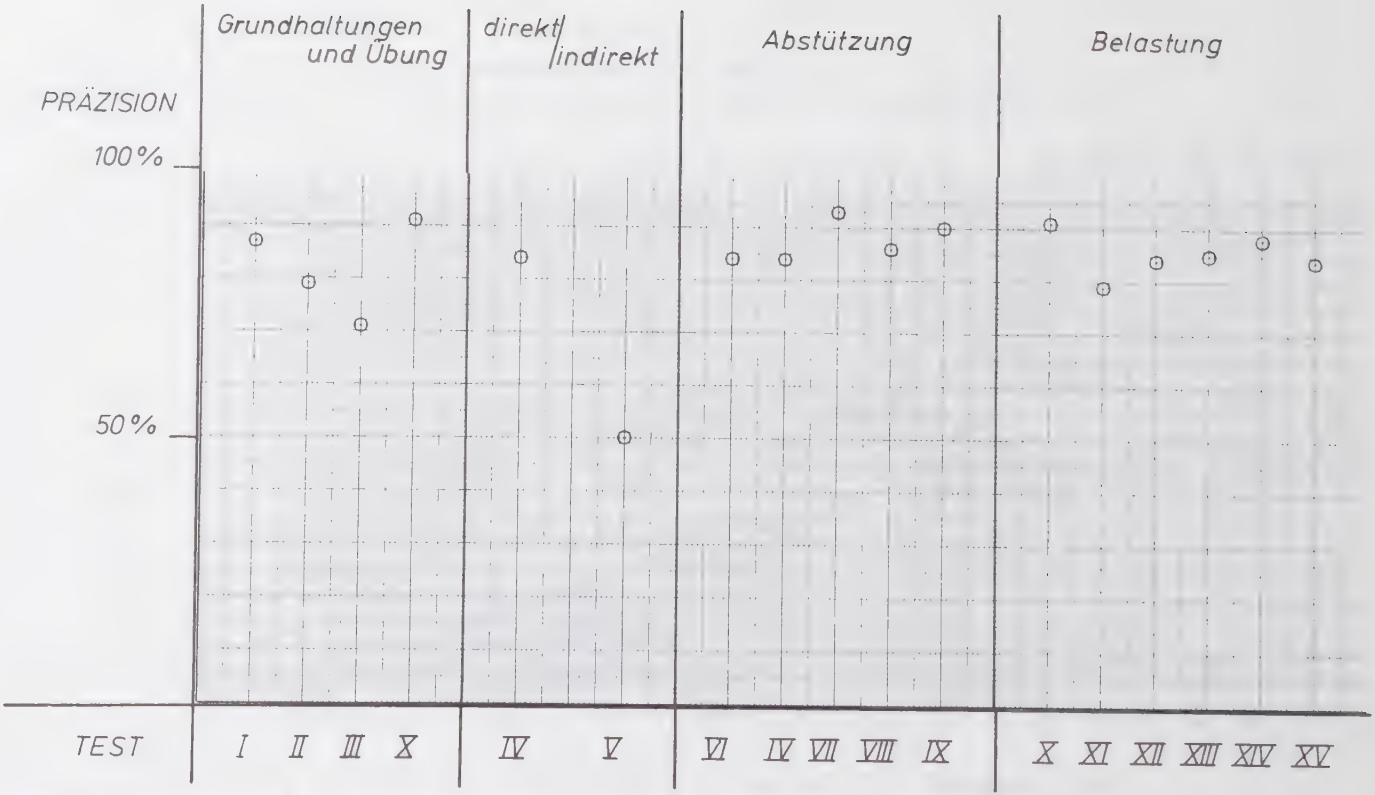
Graph. Darstellung b/1.5 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 5)



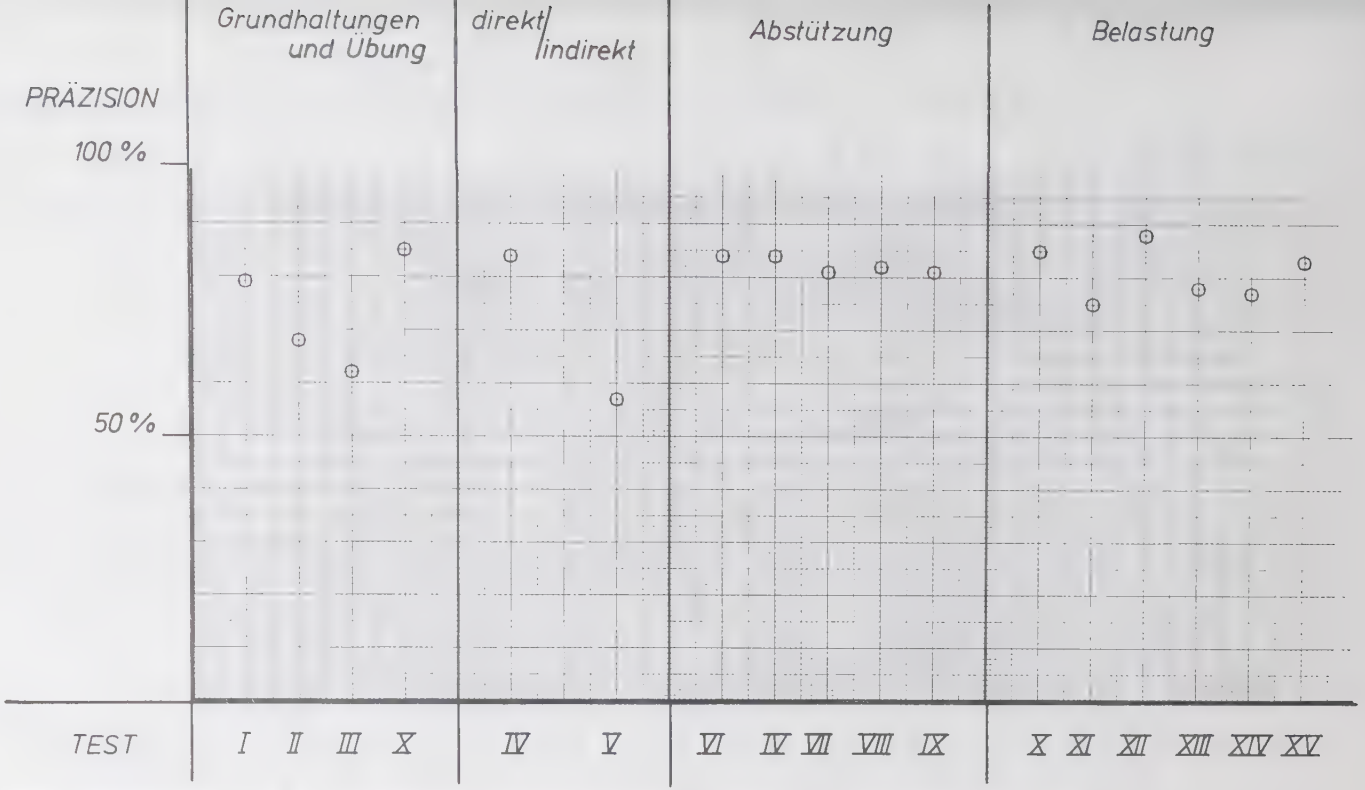
Graph. Darstellung b/1.6 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 6)



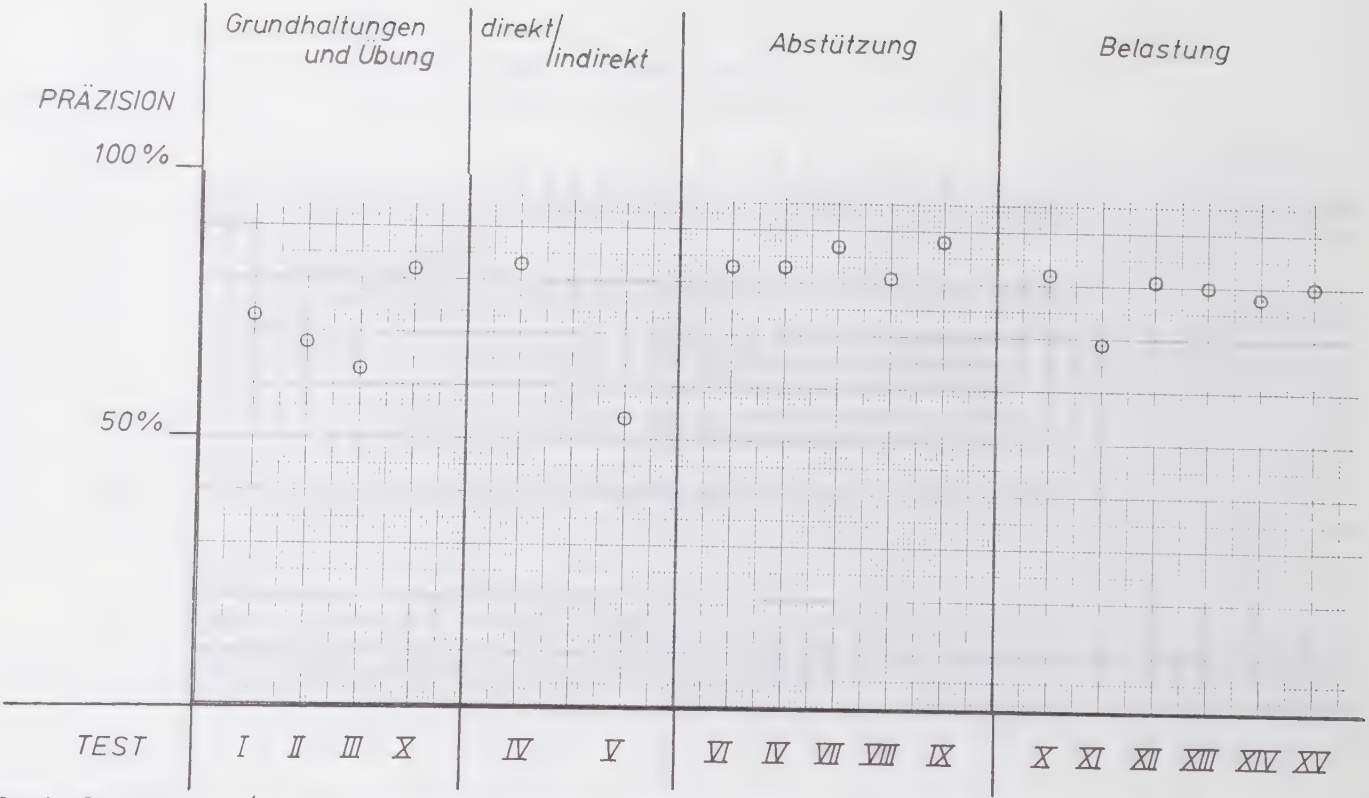
Graph. Darstellung b/1.7 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 7)



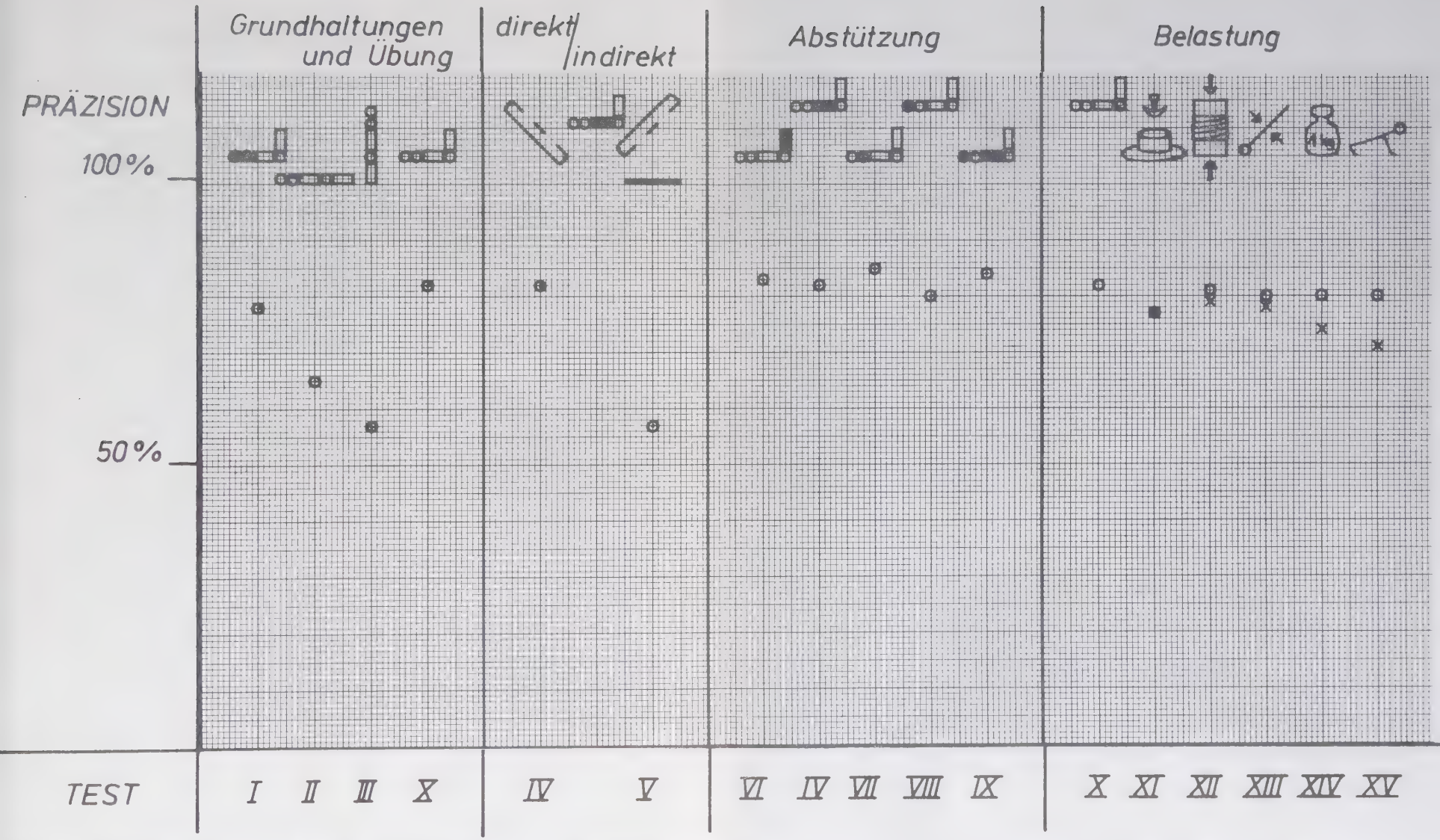
Graph. Darstellung b/1.8 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 8)



Graph. Darstellung b/1.9 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 9)



Graph. Darstellung b/1.10 : Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen (Vpn. 10)



raph. Darstellung b/2 : Die durchschnittliche manuelle Geschicklichkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Testbedingungen unter besonderer Berücksichtigung von Belastungsfaktoren
(ø Vpn. 1 bis Vpn. 1o) $M_{ø}$ = ○ ; M_{E} = × .

c) Ergebnis in Leitsätzen

1. Die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) der Testarbeit ist bei Arbeiten mit angewinkeltem Arm am größten und nimmt deutlich ab bei Arbeiten mit waagerecht ausgestrecktem Arm, noch größer ist die Abnahme bei Überkopfarbeiten.
2. Übung führt zu einer leichten Präzisionszunahme.
3. Indirektes Arbeiten sollte für Präzisionsarbeiten stets vermieden werden.
4. Eine alleinige allgemeingültige beste Abstützungsart (Oberarm, Unterarm, Handgelenk, Finger) konnte nicht nachgewiesen werden; immer ist eine individuelle Bestabstützung zu suchen. Möglichkeiten dazu sollten gegeben sein, aber nicht vorgeschrieben werden. Wird eine individuelle Bestabstützung nicht gefunden, dann hat die Abstützung keinen positiven Einfluß auf die manuelle Geschicklichkeit, sondern kann zu einer ungünstigen Zwangshaltung und damit Präzisionsminderung führen.
5. Eine Vorbelastung, die zu verminderter Präzision führen kann, wird in der Testarbeit ziemlich schnell abgebaut. Nach Extrembelastungen (Liegestütz, Fingerdruck) und bei Auftreten von Verkrampfungen steigern kurze Lockerungsübungen die Präzision.
6. Unhandliche und unpraktische Grifformen vermindern die manuelle Geschicklichkeit und sollten durch geeignetere ersetzt werden.

IV. Diskussion

Am Anfang dieser Arbeit stand die Frage, wie man die manuelle Geschicklichkeit und damit die Präzision von Bewegungen objektivieren könne. Erst als es mit dem angegebenen Versuchsaufbau und mit Hilfe eines Gerätes zur Impulszählung gelang, dieses Problem relativ einfach zu lösen, wurden die weiteren Versuche möglich.
Der Vergleich der Grundhaltungen ergab mit -21% eine deutliche Abnahme der Präzision von 77,9% (I) über 64,7% (II) auf 56,9% (III) . Der Grund hierfür liegt einesteils in der schlechteren optischen Kontrolle (Sehdistanz vergrößert) bei II und III, zum anderen in dem "Pendeln um eine Gleichgewichtslage" (LEHMANN) bei stehender Arbeitshaltung; dazu kommt noch der stärker werdende Einfluß der Ermüdung bei ausgestrecktem Arm und Überkopfarbeiten.
Der Kontrollversuch X über den Einfluß der Übung (Gewöhnung) auf das Resultat brachte mit +4,2% eine leichte Verbesserung auf 82,1% Präzision.
Mit -25,1% brachte die Testgruppe "direktes-indirektes Arbeiten" den größten Abfall in der Präzision und zwar von 81,8% für direktes auf 56,7% für indirektes Arbeiten. Dieses Ergebnis ist gerade für den Zahnarzt von besonderer Bedeutung. Indirektes Arbeiten mit dem Mundspiegel wird sich zwar nicht immer vermeiden lassen,doch sollte dort wo es auf größte Genauigkeit ankommt stets unter direkter Sichtkontrolle gearbeitet werden. Das sollte nicht mit irgendwelchen Verkrümmungen und Zwangshaltungen geschehen, sondern unter Nutzung der Möglichkeiten, die neuartige und wirklich ergonomisch zu nennende Ausrüstungselemente des zahnärztlichen Behandlungsplatzes bieten, z.B. sitzendes Arbeiten, Flachlagerung des Patienten,Absaugung, Micromotor...

Der Vergleich der verschiedenen Abstützungsarten brachte interessante Ergebnisse. Bestwerte für VI (bei 2 Versuchspersonen), IV (1 Vpn.), VII (4 Versuchspersonen), VIII (1 Vpn.), IX (2 Versuchspersonen) ergaben als Durchschnittsergebnis für VII mit 85,4% einen Höhepunkt in der Präzision, doch lag dieser damit nur um 3,3% über dem Präzisionsgrad für X. Schwankungsbreite untereinander 5,1%. Eine eindeutige Aussage über eine alleinige, allgemeingültige beste Abstützungsart gelingt damit nicht, die Versuchspersonen hatten jeweils eine individuelle beste Abstützungsart. Die Forderung, eine genau festgesetzte Abstützungsart über die Versuchsdauer beizubehalten, führte also nicht generell zu einer Erleichterung und Präzisionssteigerung, sondern vielmehr zu Zwangshaltungen. Dieser Zwang ließ kein lockeres, entspanntes Arbeiten zu und wirkte sich so eher präzisionsmindernd aus. Man sollte bei Feinarbeiten Möglichkeiten einer Abstützung geben, um die Ermüdung möglichst lange hinauszuschieben, doch sollte damit keinerlei starres, gezwungenes Arbeiten verbunden sein.
Auch die Testgruppe "Belastungsarten" brachte für die Resultate pro Vpn. recht unterschiedliche Ergebnisse. Die Durchschnittsergebnisse $M_{\emptyset}$ (resultierend aus den Mittelwerten der Versuchspersonen) der Tests XII, XIII, XIV und XV erbrachten so gut wie keinen Einfluß der Belastung auf die Genauigkeit. Belastungseinflüsse bzw. Vorbelastungen werden ziemlich schnell abgebaut, in dieser Testarbeit nach etwa 3 bis 6 Minuten.
Lediglich für Test XI (Klingelknopfversuch) fällt eine deutlichere Verschlechterung auf, doch dürfte diese eher aus der unhandlicheren und ungewohnten Grifform abzuleiten sein. Beweis dafür auch Test XIII, bei dem die Belastung eigentlich hätte größer sein müssen und damit auch die Ungenauigkeit. Daraus ist zu folgern, daß eine unhandliche Grifform sich auf die Präzision stärker negativ auswirkt, als die Belastung in Form einer krampfartigen Haltung. Man sollte also größeres Augenmerk darauf

richten, für die jeweilige Arbeit das Instrument mit dem geeignetsten Griff auszuwählen.
M_E ist der Wert, der unmittelbar nach Extrembelastung ermittelt wurde bzw. dann, wenn sich die Dauerbelastung am längsten ausgewirkt hatte; also Test XI 5. Versuch, XII 1., XIII lo., XIV 1. und XV 1. .
Der Vergleich von M_E mit $M_Ø$ ergibt:
Test XI : M_E zu $M_Ø$ nahezu gleich
Test XII : M_E um -1,6% schlechter als $M_Ø$
Test XIII: M_E um -1,8% schlechter als $M_Ø$
Test XIV : M_E um -5,2% schlechter als $M_Ø$
Test XV : M_E um -8,9% schlechter als $M_Ø$.
Also führen Belastungseinflüsse und Vorbelastungen dieser Art nur kurzzeitig zu einer Präzisionsminderung und werden relativ schnell wieder abgebaut; kleine Lockerungsübungen dürften sich in diesem Sinne positiv auswirken.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht welchen Einfluß verschiedene Faktoren auf die manuelle Geschicklichkeit (Präzision) haben. Neben der Darstellung der Funktionsweise eines Gerätes zur Objektivierung der manuellen Geschicklichkeit wird besonders darauf eingegangen, wie sich die Präzision bei verschiedenen Grundhaltungen und verschiedenen Möglichkeiten einer Abstützung ändert und welche Rolle Belastungsfaktoren spielen. In einem eigenen Testteil wird die Frage untersucht, in wieweit sich indirektes Arbeiten im Vergleich zu direktem präzisionsmindernd auswirkt. Die Versuche wurden mit lo Versuchspersonen durchgeführt.

Der angegebene Versuchsaufbau führt zu folgendem Ergebnis:
Vergleich von Grundhaltungen (ohne Abstützung) :
Abnahme der Präzision von 77,9% über 64,7% auf 56,9%.
Übung:
Übung führt zu einer leichten Zunahme der Präzision.
Vergleich direktes - indirektes Arbeiten:
Deutliche Abnahme der Präzision um -25,1% feststellbar.
Vergleich verschiedener Möglichkeiten der Abstützung:
Es wurde keine allgemeingültige beste Abstützungsart gefunden, doch gibt es jeweils unterschiedliche individuelle Bestabstützungen. Ungünstige Abstützung wirkt negativ.
Der Einfluß verschiedener Belastungsfaktoren:
Der Einfluß der Belastung wird schnell abgebaut, lediglich sofort nach Extrembelastung tritt deutlichere Präzisionsminderung auf. Ungünstige Grifform wirkt sich stärker präzisionsmindernd aus.

Literaturverzeichnis

GILBRETH, F.B. zit. nach SCHÖN, F. und KIMMEL, K.:
Ergonomie in der zahnärztlichen Praxis
Berlin: Verlag Die Quintessenz, S 43,1972

GRANDJEAN, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung
Thun und München: Ott Verlag 1963

KOELLA, W. und BARANDUN, S.: Die Abhängigkeit der Präzisionsleistung von der Arbeitssituation,
Arbeitsphysiologie 14 , 383-393 (1951)

LEHMANN, G. "Die Körperstellung bei Ruhe und Arbeit"
Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin
Hg. BAADER, E., Berlin, München,
825 - 856, 1961

LEHMANN, G. und STIER, F. "Mensch und Gerät"
Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin
Hg. BAADER, E., Berlin, München,
718 - 788, 1961

PENTZLIN, K.: Arbeits-Rationalisierung
Lehrbuch der rationellen Arbeitsgestaltung
München: C. Hanser Verlag 1954

SCHMIDTKE, H.: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Bewegungsgenauigkeit im Raum von der Körperstellung,
Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag 1961

Ausschuß für arbeitsphysiologische Untersuchungen
Zahnärztliche Mitteilungen 1968 , 492-497

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. E.Körber für die freundliche Überlassung des Themas , seine wertvollen Anregungen und die stets wohlwollende und hilfreiche Unterstützung meiner Arbeit .

Den Versuchspersonen , die mir ihre Zeit opferten und durch ihre Mitarbeit die Durchführung der Versuche erst ermöglichten ebenfalls ein aufrichtiges Danke !

Lebenslauf

Johann Daniel Schindler, geboren am 20.2.1948 in Neuötting/Inn als Sohn des Zahnarztes Johann Schindler und Frau Josefa, geb. Sehorz, besuchte ich von 1954 bis 1958 die Volksschule in Neuötting, von 1958 bis 1967 das Gymnasium in Mühldorf/Inn. Das Studium der Zahnmedizin in Tübingen von 1967 bis 1972 wurde beendet am 14.12.1972 mit der Ablegung des Staatsexamens. Seither in der väterlichen Praxis als Assistent tätig.